

Jurnal Mekanova  
Vol 3. No. 5, Oktober 2017  
ISSN : 2502-0498

## ***Kajian Penggunaan Energi Surya Dan Energi Bayu Sebagai Penggerak Pompa Air-Tanah Untuk Pengairan Pertanian***

**Maidi Saputra<sup>1</sup>, Andi Yusra<sup>2</sup>, Ahmad Syuhada<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Dosen Teknik Mesin - Universitas Teuku Umar - Meulaboh

E-mail : [maidisaputra@utu.ac.id](mailto:maidisaputra@utu.ac.id)

<sup>2</sup>Dosen Teknik Sipil - Universitas Teuku Umar - Meulaboh

<sup>3</sup>Dosen Teknik Mesin - Universitas Teuku Umar - Meulaboh

### ***Abstrak***

*Pada saat musim kemarau para petani harus bersusah payah menyiram tanaman pertanian mereka, karena harus mengangkat air dari sumur. Untuk mengairi lahan pertanian dengan menggunakan tenaga badannya untuk mengangkat air ke lahan pertanian, hal ini sangat tidak efektif kerja petani dalam menghasilkan produk pertanian. Banyak dari mereka yang tidak dapat menggunakan pompa air karena lahan pertanian jauh dari sumber energi listrik. Teknologi pompa air tenaga angin adalah sebagai energi alternatif yang dapat mengatasi hambatan tersebut. Daya turbin angin diubah menjadi tegangan listrik yang mengalir ke baterai untuk menggerakkan pompa air. Intensitas sumber daya angin di wilayah Aceh dan sekitarnya sangat berpotensi untuk menggerakkan pompa. Kecepatan angin maksimum menurut data yang dikumpulkan selama setahun, terjadi pada bulan Oktober dan Desember yaitu sebesar 5.8 m/s dan kecepatan angin minimum terjadi pada bulan September yaitu sebesar 3.4 m/s. Tegangan baterai yang dihasilkan bervariasi terhadap kecepatan dan rpm dari turbin angin, tegangan minimal sebesar 11 volt dan maksimal sebesar 18 volt. Debit air yang dihasilkan juga bervariasi terhadap tegangan yang keluar dari inverter untuk menggerakkan pompa, debit air minimal sebesar 0.09355 l/d serta debit air maksimal sebesar 0.37667 l/d.*

**Kata Kunci :** *Pengairan pertanian, Pompa pertanian, daya angin, listrik tenaga angin dan penyimpanan air.*

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Indonesia sebagai wilayah beriklim tropis basah, maka curah hujan merupakan sumber air andalan utama untuk pemenuhan kebutuhan irigasi. Curah hujan yang jatuh ke permukaan bumi sebagian dapat digunakan secara langsung untuk air irigasi, sebagian tersimpan dalam waduk, danau, di lahan usaha tani dan sebagian lagi masuk ke dalam tanah, tersimpan sebagai air tanah/air bawah tanah (*ground water*). Keragaman curah hujan (*rainfall variability*) menurut ruang (spatial) dan waktu (temporal) menyebabkan jumlah, waktu dan penyebarannya curah hujan berbeda antar wilayah dan antar waktu. Keragaman ini seringkali sulit diprediksi dan diantisipasi akibat dinamika atmosfer yang luar biasa, sehingga sering terjadi ketidak-sesuaian antara yang diperlukan dan yang tersedia. Pada musim kemarau, pasokan air sangat terbatas, sementara kebutuhannya relatif tetap, sehingga pasokan air untuk pertanian menjadi terbatas. Kekeringan menyebabkan terjadinya kegagalan usaha pertanian, perkebunan, dan peternakan.

Beberapa lokasi di Provinsi Aceh, pemerintah telah membangun saluran irigasi, akan tetapi letak lahan pertanian lebih tinggi dari permukaan air irigasi. Untuk melakukan usaha pertanian, mendorong petani memanfaatkan air tanah/bawah tanah

(*ground water*) dengan cara menggali sumur atau menggunakan pompa untuk menaikkan air ke area pertanian. Untuk menggerakkan pompa sebagai besar menggunakan motor diesel berbahan bakar minyak. Peningkatan harga bahan bakar minyak telah menjadi kendala utama petani dalam meningkatkan produksinya. Usaha yang dapat ditempuh untuk menanggulangi permasalahan tersebut adalah memanfaatkan sumber energi terbarukan yang banyak tersedia. Sumber energi terbarukan yang telah banyak dimanfaatkan antara lain energi surya dan energi bayu.

Omcon (2006), melakukan analisis perbandingan biaya operasional pompa berbahan bakar diesel dengan pompa energi surya. Dari hasil analisis disimpulkan, pada beban hidrolik rendah, *Life Cycle Cost* (LCC) untuk pompa energi surya lebih rendah 20% dari LCC pompa dengan penggerak mesin diesel. Sedangkan pada beban hidrolik yang lebih tinggi LCC pompa energi surya 55% lebih rendah dari LCC pompa dengan penggerak mesin diesel. Hal ini menunjukkan bahwa pilihan pompa energi surya lebih menguntungkan secara ekonomis.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini adalah kajian pemanfaatan energi surya dan energi bayu sebagai penggerak pompa air-tanah untuk pengairan pertanian. Sedangkan tujuan khusus untuk :

1. Melakukan perancangan satu sistem pengairan area pertanian menggunakan pompa yang digerakkan oleh pembangkit listrik tenaga surya dan tenaga bayu.
2. Melakukan pengukuran dan analisis potensi energi surya dan energi bayu
3. Melakukan dan perancangan dan fabrikasi turbin energi bayu daya 1 KW

## 1.3. Luaran Penelitian

Luaran dari penelitian ini adalah:

1. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) untuk penggerak pompa pada area pertanian.
2. Pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) untuk penggerak pompa pada area pertanian.
3. Menghasilkan suatu model sistem pengaliran area pertanian yang berasal dari pemompaan air-tanah dengan pemanfaatan sistem energi terbarukan.

### Dasar Konversi Energi Angin

Kinetik dari besar massa udara yang bergerak diatas permukaan bumi. Sudu-sudu turbin menerima energi kinetik tersebut, yang kemudian ditransformasikan kedalam bentuk energi mekanik atau listrik. Efisiensi konversi energi angin tersebut sangat tergantung pada efisiensi rotor yang berinteraksi dengan aliran udara.

Daya yang tersedia dalam spektrum angin

Energi kinetik dari aliran udara dengan massa  $m$  dan bergerak dengan kecepatan  $V$  diberikan oleh :

$$E = \frac{1}{2} m V^2$$

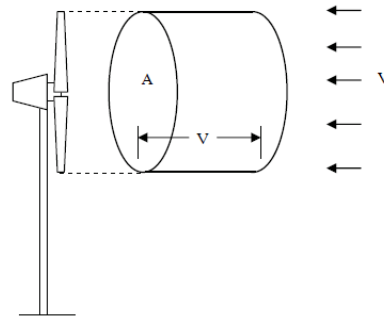
Luas penampang rotor  $A$  yang terkena arus angin, seperti diperlihatkan pada gambar 2.1, maka besar energi kinetik dari aliran udara dapat dinyatakan sebagai :

$$E = \frac{1}{2} \rho_a v V^2$$

Dimana  $\rho_a$  adalah kerapatan udara dan  $v$  adalah volume bidang udara yang berinteraksi dengan rotor.

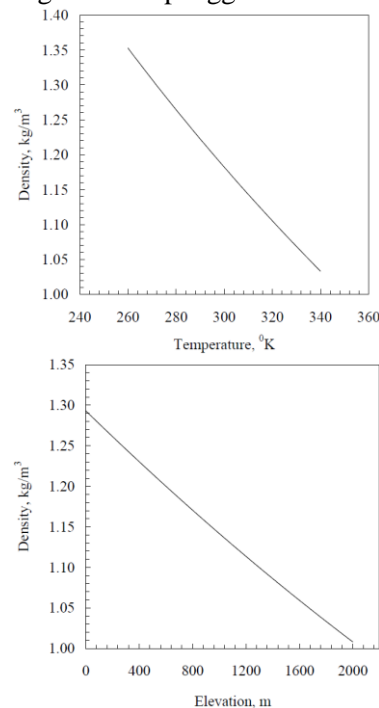
Bidang udara yang berinteraksi dengan rotor per-satuan waktu memiliki luas penampang sama dengan daya rotor ( $A_T$ ) dan ketebalannya sama dengan kecepatan angin ( $V$ ), maka energi per-satuan waktu, yaitu daya dan dapat dinyatakan sebagai :

$$P = \frac{1}{2} \rho_a A_T V^3$$



Gambar 4: Suatu bidang udara yang bergerak ke arah turbin angin

Kerapatan udara berkurang terhadap peningkatan elevasi permukaan dan temperatur, sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2.2. Kerapatan udara diasumsi sebesar  $1,225 \text{ kg/m}^3$  untuk sebagian besar penggunaan.



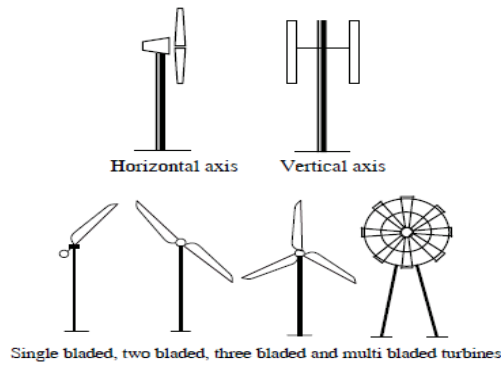
Gambar 5: Hubungan antara kerapatan dan temperatur serta ketinggian

#### Klasifikasi Turbin Angin

##### Turbin angin sumbu horisontal

Turbin angin sumbu horisontal (*HAWT*) memiliki sumbu rotasi horisontal masing-masing menuju ke arah permukaan tanah dan hampir sejajar dengan aliran angin (Gambar 6).

Berdasarkan pada jumlah sudu, turbin angin sumbu horisontal diklasifikasikan sebagai turbin bersudu tunggal, bersudu dua, bersudu tiga, dan bersudu banyak. Untuk penggunaan sebagai pembangkit listrik menggunakan turbin bersudu tiga.



Gambar 6: Klasifikasi Turbin Angin

Turbin angin sumbu vertikal

Turbin angin sumbu vertikal (VAWT) adalah turbin dengan sumbu vertikal mengarah ke permukaan tanah dan tegak lurus terhadap arah angin.



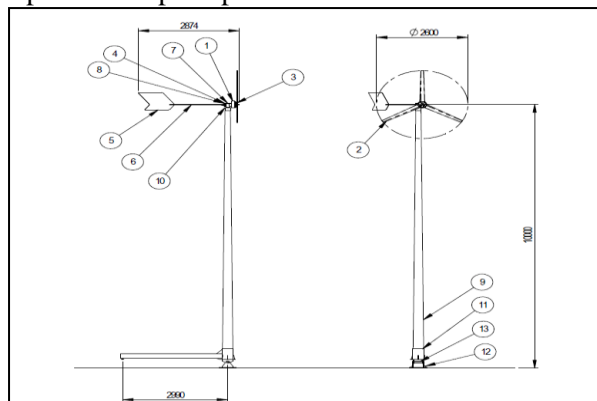
Gambar 7: Turbin angin tipe Darrieus

Beberapa kelemahan utama dari sistem VAWT adalah biasanya sistem tersebut tidak bisa melakukan pergerakan sendiri. Mekanisme tambahan diperlukan untuk 'mendorong' dan memulai pergerakan turbin, begitu juga pada saat turbin dihentikan. Namun setelah rotor mulai berotasi, sudu-sudu turbin mulai bergerak secara aerodinamis.

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1 Perancangan dan pabrifikasi turbin angin 1 KW

Jenis turbin dipilih jenis horizontal dengan jumlah sudu sebanyak tiga bilah. Berdasarkan hasil perancangan awal yang telah dilakukan, menggunakan data kecepatan angin maksimum 10 m/s, untuk menghasilkan daya 1 KW diperoleh diameter rotor 2,6 m dengan tinggi tower 10 m. Gambar 11 memperlihatkan bagian-bagian turbin yang akan dipabrifikasi pada penelitian ini.



| No. Item | Nama Bagian             |
|----------|-------------------------|
| 1        | Generator               |
| 2        | Sudu Turbin             |
| 3        | Hub Rotor               |
| 4        | Badan Turbin            |
| 5        | Tail Vane               |
| 6        | Tail Boom               |
| 7        | Rumah Generator         |
| 8        | Tail Pin                |
| 9        | Tower                   |
| 10       | Poros tower bg. Atas    |
| 11       | Sambungan tower         |
| 12       | Dudukan tower           |
| 13       | Sambungan dudukan tower |

Gambar 9. Bagian-bagian turbin angin daya 1 KW

Pemasangan dan pengujian unjuk kerja Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)

Kegiatan pengujian dimulai dengan pemasangan peralatan ukur, terdiri dari alat ukur kecepatan poros generator, arus dan tegangan listrik DC keluar generator, kecepatan angin, dan arah angin. Data hasil pengujian unjuk kerja akan dianalisis untuk memperoleh kurva daya turbin (kurva kecepatan angin - daya).

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Sumber Daya Energi Angin

Sumber energi angin sebagai salah satu sumber energi terbarukan memberikan data angin yang akan digunakan oleh pembangkit.

Pengukuran kecepatan angin selama 31 hari pengukuran untuk mengambil data kecepatan angin primer menggunakan anemometer dengan ketinggian 10 meter terhadap permukaan tanah, seperti diperlihatkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 : Hasil pengukuran kecepatan angin di Pantai Ujong Karang, Meulaboh selama bulan Juli 2012

| No.                                    | Kec. Angin Maksimum | Kec. Angin Minimum | Kec. Angin Rata-rata (m/s) |
|--|---------------------|--------------------|----------------------------|
| 1                                      | 7.5                 | 1                  | 4.33                       |
| 2                                      | 6                   | 1.5                | 4.76                       |
| 3                                      | 7.5                 | 2                  | 5.59                       |
| 4                                      | 5.5                 | 0                  | 3.48                       |
| 5                                      | 9.5                 | 1                  | 5.01                       |
| 6                                      | 7.5                 | 0.5                | 4.56                       |
| 7                                      | 10                  | 1.5                | 4.79                       |
| 8                                      | 10.5                | 1.5                | 4.78                       |
| 9                                      | 9.5                 | 2                  | 3.95                       |
| 10                                     | 5.5                 | 0                  | 4.35                       |
| 11                                     | 5                   | 1                  | 3.71                       |
| 12                                     | 7                   | 1                  | 4.35                       |
| 13                                     | 6.5                 | 0.5                | 5.05                       |
| 14                                     | 5                   | 0                  | 4.31                       |
| 15                                     | 8                   | 1.5                | 5.48                       |
| 16                                     | 6                   | 1                  | 5.67                       |
| 17                                     | 5.5                 | 0.5                | 3.56                       |
| 18                                     | 6.5                 | 1.5                | 4.49                       |
| 19                                     | 8                   | 1                  | 4.18                       |
| 20                                     | 5.5                 | 0.5                | 4.78                       |
| 21                                     | 5                   | 0                  | 3.67                       |
| 22                                     | 5.5                 | 1                  | 4.45                       |
| 23                                     | 6                   | 1                  | 5.01                       |
| 24                                     | 7                   | 1.5                | 5.56                       |
| 25                                     | 5.5                 | 0                  | 3.83                       |
| 26                                     | 6                   | 1                  | 4.55                       |
| 27                                     | 7.5                 | 1.5                | 5.34                       |
| 28                                     | 6                   | 1                  | 5.58                       |
| 29                                     | 5                   | 0                  | 4.51                       |
| 30                                     | 7                   | 1                  | 5.48                       |
| 31                                     | 6                   | 1.5                | 4.56                       |
| Kec. Angin Rata-rata Keseluruhan (m/s) |                     |                    | 4.64                       |

Data secara keseluruhan diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), memberikan data pertahun yang digunakan dalam menganalisa pembangkit.

Data yang digunakan dalam analisis pembangkit adalah data selama setahun, seperti diperlihatkan pada tabel 4.2.

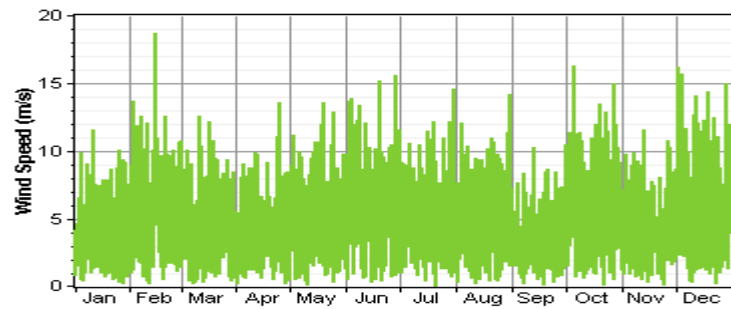
Tabel 4.2 : Kecepatan angin rata-rata perbulan selama setahun.

| No.                             | Bulan     | Kecepatan Angin Rata-rata (m/s) |
|---------------------------------|-----------|---------------------------------|
| 1                               | Januari   | 3.6                             |
| 2                               | Februari  | 4.9                             |
| 3                               | Maret     | 3.9                             |
| 4                               | April     | 3.5                             |
| 5                               | Mei       | 4.2                             |
| 6                               | Juni      | 4.9                             |
| 7                               | Juli      | 4.3                             |
| 8                               | Agustus   | 4.1                             |
| 9                               | September | 3                               |
| 10                              | Oktober   | 5.1                             |
| 11                              | November  | 3.6                             |
| 12                              | Desember  | 5.1                             |
| Kecepatan Angin Rata-rata (m/s) |           | 4.3                             |

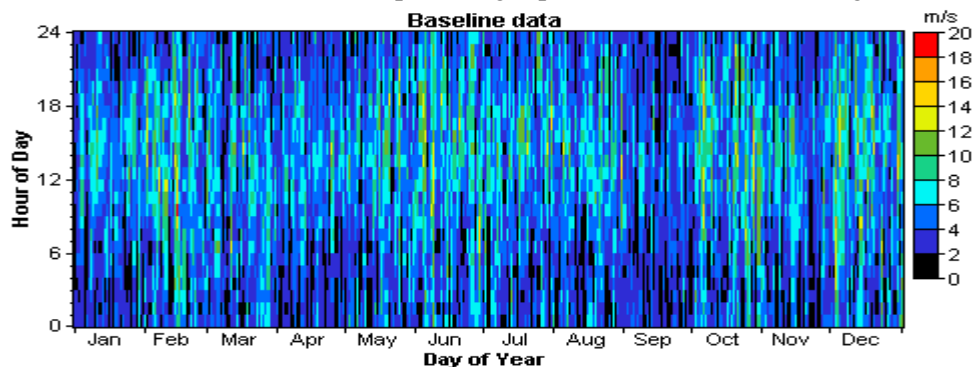
Ketinggian poros turbin angin adalah 15 meter dari permukaan tanah serta kondisi lokasi pemasangan turbin angin terletak pada daerah “Tanaman tinggi dan Lindung” dengan koefisien gesekan ( $\alpha$ ) sebesar 0,20 maka data tersebut menjadi :

Tabel 4.3 : Kecepatan angin rata-rata perbulan selama setahun setelah dikoreksi.

| No.                             | Bulan     | Kecepatan Angin Rata-rata (m/s) |
|---------------------------------|-----------|---------------------------------|
| 1                               | Januari   | 4.1                             |
| 2                               | Februari  | 5.6                             |
| 3                               | Maret     | 4.5                             |
| 4                               | April     | 4.0                             |
| 5                               | Mei       | 4.8                             |
| 6                               | Juni      | 5.6                             |
| 7                               | Juli      | 4.9                             |
| 8                               | Agustus   | 4.7                             |
| 9                               | September | 3.4                             |
| 10                              | Oktober   | 5.8                             |
| 11                              | November  | 4.1                             |
| 12                              | Desember  | 5.8                             |
| Kecepatan Angin Rata-rata (m/s) |           | 4.8                             |



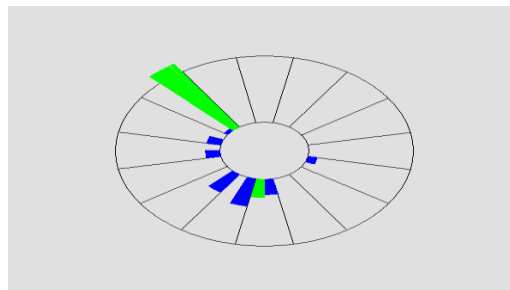
Gambar 10. Frekwensi kecepatan angin pertahun dalam bentuk diagram



Gambar 11 : Distribusi kecepatan angin perjam selama setahun

Mawar Angin

Model distribusi angin diberikan oleh mawar angin, seperti terlihat pada gambar 12.

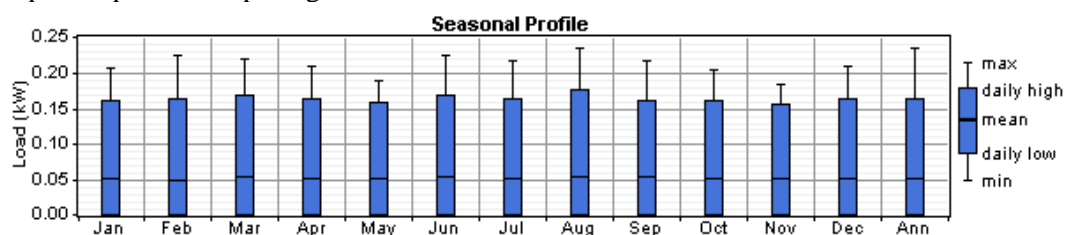


Gambar 12 : Mawar Angin

Mawar angin tersebut memperlihatkan distribusi energi angin selama kurun waktu setahun dalam arah  $360^{\circ}$ . Dari gambar tersebut dapat lihat bahwa arah angin maksimum terjadi pada arah  $300^{\circ}$  dan distribusi terendah terjadi pada arah  $80^{\circ}$ .

Beban Pembangkit

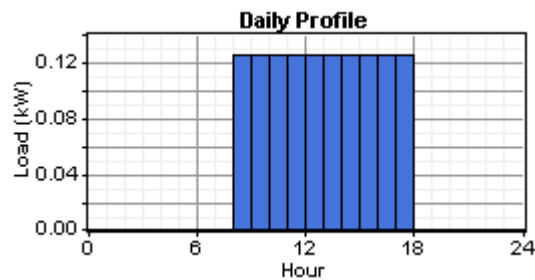
Beban pembangkit yang harus dipenuhi oleh turbin angin adalah dalam bentuk penggunaan daya listrik untuk menggerakkan pompa yang dihitung selama setahun, seperti diperlihatkan pada gambar 13.



Gambar 13 : Beban daya listrik pertahun.

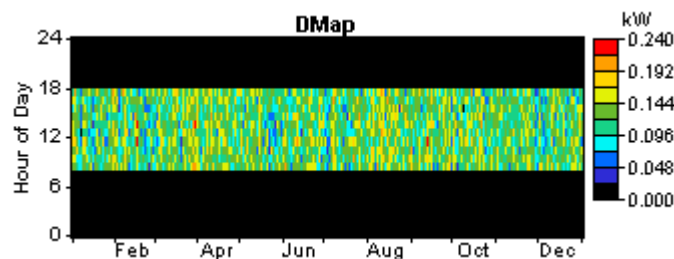
Beban daya harian memperlihatkan penggunaan beban selama kurun waktu

pemakaian 24 jam, seperti terlihat pada gambar 14.



Gambar 14 : Profil beban harian

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa, pemakaian beban listrik terbesar (puncak) terjadi sekitar pukul 08.00 sampai dengan pukul 18.00, serta penggunaan energi listrik dalam bentuk beban harian selama setahun diberikan oleh Data Map (DMap), seperti terlihat pada gambar 15.



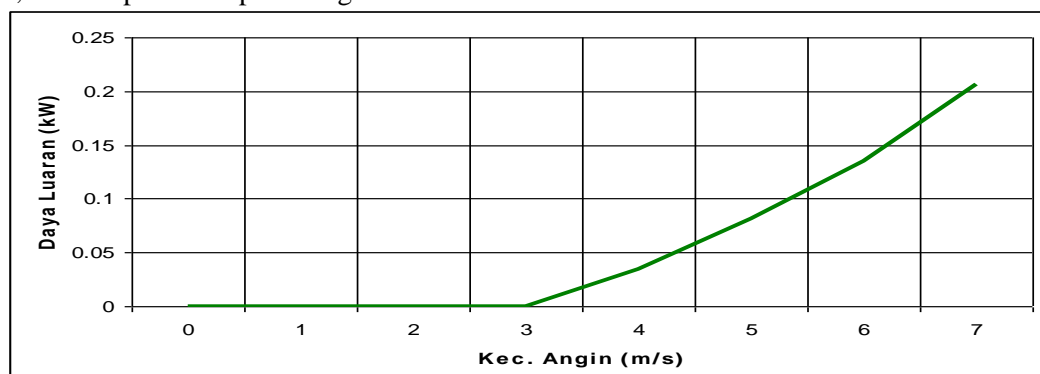
Gambar 15 : Beban listrik harian selama setahun dalam bentuk Data Map (DMap).

### 3.2. Analisa Data

Analisis daya turbin angin dan Pengukuran sistem pompa air

Pengukuran kecepatan angin dilapangan menunjukkan nilai yang bervariasi terhadap waktu pengukuran. Nilai pengukuran kecepatan angin tersebut memberikan nilai Daya Luaran (kW) pada turbin angin, seperti ditunjukkan pada gambar 16.

Kecepatan angin minimal yang diperlukan oleh turbin untuk menggerakkan sudu turbin atau biasa disebut dengan Tip Speed Ratio ( $\lambda$ ) sebesar 3 m/s. Kemudian nilai-nilai variasi daya luaran yang diberikan oleh gambar 16 memperlihatkan bahwa daya luaran minimal sebesar 0 kW pada kecepatan angin 3 m/s, dan daya luaran maksimal sebesar 0,207 kW pada kecepatan angin 7 m/s.

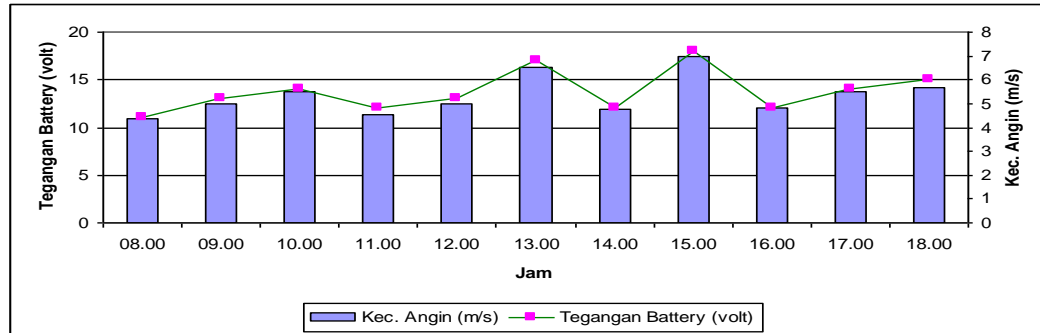


Gambar 16 : Daya Luaran (kW) terhadap Kecepatan angin (m/s)

Daya yang keluar dari turbin angin disertai dengan tegangan yang dihasilkan untuk melakukan pengisian baterai. Dari hasil pengujian, tegangan yang dihasilkan oleh turbin angin bervariasi terhadap kecepatan angin yang diberikan serta mempengaruhi rpm turbin angin dalam menghasilkan tegangan arus.



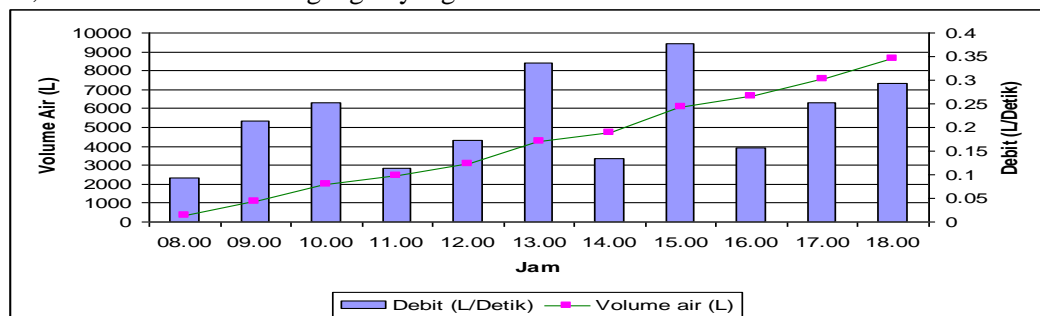
Dari gambar 17 terlihat bahwa tegangan minimal terjadi pada pukul 08.00 yaitu sebesar 11 volt karena kecepatan angin rata-rata di pagi hari masih terlihat lemah, kemudian tegangan maksimal terjadi pada pukul 15 dengan tegangan sebesar 18 volt yang di serap kedalam baterai.



Gambar 17. Tegangan baterai yang dihasilkan terhadap kecepatan angin

Kecepatan angin mempengaruhi terhadap rpm turbin angin dalam menghasilkan tegangan yang diteruskan ke baterai dan inverter. Dari hasil pengukuran daya luaran turbin angin terhadap debit yang dihasilkan, diperlihatkan bahwa variasi debit air yang dikeluarkan oleh pompa bervariasi menurut kecepatan angin pada setiap jam tertentu.

Seperti diperlihatkan pada gambar 18, debit air minimal terjadi pada pukul 08.00 yaitu sebesar 0.09355 l/d, hal ini dikarenakan tidak stabilnya tegangan listrik yang keluar dari inverter, kemudian debit air maksimal terjadi pada pukul 15.00 yaitu sebesar 0.37667 l/d, hal ini dikarenakan tegangan yang dihasilkan oleh inverter sudah sedikit stabil.



Gambar 18. Hubungan antara debit dan kecepatan angin serta tegangan yang dihasilkan.

#### IV. KESIMPULAN

1. Intensitas sumber daya angin di wilayah Aceh dan sekitarnya sangat berpotensi untuk menggerakkan pompa.
2. Kecepatan angin rata-rata yang dihasilkan dari hasil pengukuran untuk perancangan sistem pembangkit adalah sebesar 4.8 m/s.
3. Kecepatan angin maksimum menurut data yang dikumpulkan selama setahun, terjadi pada bulan Oktober dan Desember yaitu sebesar 5.8 m/s dan kecepatan angin minimum terjadi pada bulan September yaitu sebesar 3.4 m/s.
4. Tegangan baterai yang dihasilkan bervariasi terhadap kecepatan dan rpm dari turbin angin, tegangan minimal sebesar 11 volt dan maksimal sebesar 18 volt.
5. Debit air yang dihasilkan juga bervariasi terhadap tegangan yang keluar dari inverter untuk menggerakkan pompa, debit air minimal sebesar 0.09355 l/d serta debit air maksimal sebesar 0.37667 l/d.

#### V. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Menteri Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Ristek-dikti) Republik Indonesia dan LPPM Universitas Teuku Umar Meulaboh

yang telah membantu penelitian ini dalam hibah penelitian PEKERTI tahun 2017.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1]. Ahmad Syuhada , Hamdani, dan Razali, 2012, Simulasi dan Pengukuran Unjuk Kerja Sistem Pompa Air-Energi Surya, Jurnal Teknik Mesin Program Magister Teknik Mesin Unsyiah, pp.
- [2]. Hamdani, Irwansyah, Sarwo Edhy, 2009., Pembuatan Kincir Bayu Penggerak Pompa Air dan Pelatihan Pembuatan Pupuk Kompos Guna Mengatasi Rawan Kemiskinan di Gampong Labui Kabupaten Pidie., Laporan Akhir Program IbM, Lembaga Pengabdian Kepada Masyarakat Unsyiah.
- [3]. Hamdani and Irwansyah, 2010, Wind Power Generator for Small Scale Ice Factory for Economy Development at Rural Area in Aceh, Indonesia, Journal of Energy & EnvironmentUniversiti Tenaga Nasional,Vol 2, No 1, pp-6-8.
- [4]. Omcon., 2006, Feasibility Assessment for the Replacement of Diesel Pumps with SolarPumps., Ministry Of Mines And Energy Barrier Removal To Namibian Renewable Energy.
- [5]. Razali Thaib, 2012, Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Energi Bayu-Surya Pada Unit Pengolahan Ikan Skala Kecil. Tesis Program Studi Magister Teknik Mesin Unsyiah Banda Aceh
- [6]. Yandra Shivrath, P. Badari Narayana, Srikanth Thirumalasetty, Dr.E.Laxmi Narsaiah, 2012, Design & Integration of Wind-Solar Hybrid Energy System for Drip Irrigation Pumping Application, International Journal of Modern Engineering Research (IJMER), Vol.2,Issue.4,pp-2947-2950.